

(12) МЕЖДУНАРОДНАЯ ЗАЯВКА, ОПУБЛИКОВАННАЯ В СООТВЕТСТВИИ С
ДОГОВОРОМ О ПАТЕНТНОЙ КООПЕРАЦИИ (РСТ)

(19) ВСЕМИРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
Международное бюро



РСТ

(43) Дата международной публикации:
3 февраля 2005 (03.02.2005)

(10) Номер международной публикации:
WO 2005/010554 A1

(51) Международная патентная классификация ⁷:
G01S 13/93, 17/93, G01C 23/00, G06F 17/00 // 165:00

кв. 8 (RU) [AGENSTVO "NECHAEV I PARTNERY", Moscow (RU)].

(21) Номер международной заявки: PCT/RU2003/000332

(81) Указанные государства (национально): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

(22) Дата международной подачи:

25 июля 2003 (25.07.2003)

(25) Язык подачи:

русский

(26) Язык публикации:

русский

(71) Заявители и

(72) Изобретатели: БАРАНОВ Николай Алексеевич [RU/RU]; 109153 Москва, Жулебинский б-р, д. 40, корп. 1, кв. 100 (RU) [BARANOV, Nikolai Alekseevich, Moscow (RU)]; БЕЛОЦЕРКОВСКИЙ Андрей Сергеевич [RU/RU]; 124683 Москва, Зеленоград, корп. 1539, кв. 126 (RU) [BELOTSERKOVSKI, Andrei Sergeevich, Moscow (RU)]; КАНЕВСКИЙ Михаил Игоревич [RU/RU]; 125187 Москва, Алтуфьевское ш., д. 93, кв. 8 (RU) [KANEVSKI, Mikhail Igorevich, Moscow (RU)]; ПАСЕКУНОВ Игорь Владимирович [RU/RU]; 481125 Москва, ул. Свободы, 91, корп. д. 1, кв. 327 (RU) [PASEKUNOV, Igor Vladimirovich, Moscow (RU)].

(84) Указанные государства (регионально): ARIPO патент (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), евразийский патент (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), европейский патент (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), патент ОАПИ (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Опубликована

С отчётом о международном поиске.

В отношении двухбуквенных кодов, кодов языков и других сокращений см. «Пояснения к кодам и сокращениям», публикуемые в начале каждого очередного выпуска Бюллетеня РСТ.

(74) Агент: АГЕНТСТВО «НЕЧАЕВ И ПАРТНЁРЫ»,

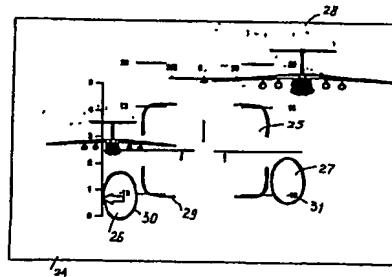
117321, Москва, ул. Островитянова, д. 16, корп. 4,

WO 2005/010554 A1

(54) Title: METHOD AND SYSTEM FOR PREVENTING AN AIRCRAFT FROM PENETRATING INTO A DANGEROUS TRAILING VORTEX AREA OF A VORTEX GENERATOR

(54) Название изобретения: СПОСОБ И СИСТЕМА ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ О ВОЗМОЖНОСТИ ПОПАДАНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА В ОПАСНУЮ ЗОНУ ВИХРЕВОГО СЛЕДА ГЕНЕРАТОРА ВИХРЕЙ

(57) Abstract: The invention relates to methods and devices for aircraft's safe operation and is embodied in the form of a method and system for informing a user, for example an aircraft crew and/or a flight controller, on the probable penetration of the aircraft into dangerous areas of the vortex shedding of vortex generators which are located near the aircraft at a forecast time when the aircraft passes through a simulated control plane situated at a preventive distance in the direction of motion of the aircraft, said distance being calculated on a basis of a sufficient forecast period so that the aircraft carries out a flight evasive manoeuvre. The preventive system defines the trajectory and intensity of the vortex shedding of the vortex generators, the co-ordinates of intersecting points of the vortex sheddings with a control plane, the geometric parameters of the dangerous areas thereof (26, 27) according to danger criteria specified by a user, forms a warning area (28) in said control plane, an area of the forecast positions of the aircraft (25) and dangerous vortex shedding areas (26, 27) at a forecast time, follows up the events of crossing the warning area (28) and/or the area of the aircraft forecast positions (25) associated with the dangerous vortex shedding areas (26, 27) and draws attention of the user to said event with the aid of display devices (16, 17) and a visualisation device (18).



[Продолжение на след. странице]



(57) Реферат: Настоящее изобретение относится к способам и устройствам обеспечения безопасности эксплуатации летательных аппаратов и представляет собой способ и систему предупреждения пользователя, например, экипаж летательного аппарата и/или диспетчера полета, о предполагаемом попадании летательного аппарата в опасные зоны вихревых следов генераторов вихрей, находящихся в окрестности летательного аппарата, в прогнозируемый момент времени пересечения летательным аппаратом некоторой смоделированной контрольной плоскости, расположенной на упреждающем расстоянии в направлении движения летательного аппарата, рассчитанном на основе выбранного времени упреждения, достаточного для совершения летательным аппаратом уклоняющего маневра. При этом система предупреждения определяет траектории и интенсивность вихревых следов генераторов вихрей, координаты точек пересечения вихревых следов с контрольной плоскостью, геометрические параметры их опасных зон (26,27) на основе заданного пользователем критерия опасности, формирует в контрольной плоскости область (28) повышенного внимания, область (25) прогнозируемых положений летательного аппарата и опасные зоны (26,27) вихревых следов в прогнозируемый момент времени, отслеживает события пересечения области (28) повышенного внимания и/или области (25) прогнозируемых положений летательного аппарата с опасными зонами (26,27) вихревых следов и с помощью устройств (16,17) индикации и устройства (18) визуализации обеспечивает привлечение внимания пользователя к этому событию.

**Способ и система предупреждения о возможности попадания
летательного аппарата в опасную зону вихревого следа генератора вихрей**

Область техники

Изобретение относится к способам и устройствам обеспечения безопасности эксплуатации летательных аппаратов, в частности, к способам предупреждения и/или предотвращения нештатных ситуаций, связанных с возможным попаданием летательного аппарата в опасную зону возмущенного воздушного потока от другого объекта, так называемого вихревого следа, генерируемого объектом, в том числе, при обтекании объекта воздушным потоком.

Предшествующий уровень техники

Проблема обеспечения безопасности полетов летательных аппаратов является весьма актуальной и включает в себя целый ряд как научно-технических, так и организационно-методических проблем. Одной из таких проблем является обеспечение безопасности полетов в условиях, когда фактором, определяющим уровень безопасности полетов, является воздействие на летательный аппарат аэродинамических струй высокой степени турбулентности, образующихся как при движении в окрестности летательного аппарата объекта, генерирующего струи, так и при наличии в окрестности летательного аппарата объектов, обтекаемых воздушными потоками, имеющими высокую степень турбулентности и завихренности.

Известно, что при движении летательного аппарата в воздушном пространстве образуется так называемый «вихревой след», формируемый обтекающим его воздушным потоком.

Попадание летательного аппарата в вихревой след другого объекта, например, другого летательного аппарата, приводит к значительному изменению углов атаки и скольжения. На летательный аппарат при этом действуют аэродинамические силы и моменты, которые могут, например, отбросить его в сторону от следа и при малых высотах, например, при посадке или взлете летательного аппарата, привести к нештатным ситуациям из-за невозможности компенсации такого воздействия органами управления летательного аппарата.

Появление в авиации летательных аппаратов, имеющих крылья малых удлинений с большой удельной нагрузкой, приводит к увеличению интенсивности вихревого следа, что соответственно увеличивает опасность попадания в него летательного аппарата.

Многочисленные исследования перемещения и затухания вихрей показали, что такие атмосферные факторы, как ветер, сдвиг ветра, стратификация и турбулентность, играют важную роль в этих процессах.

Существует потенциальная возможность оптимизации безопасных расстояний между летательными аппаратами в процессе посадки, взлета и полета на основе достоверного прогнозирования динамики вихревого следа с учетом текущего и краткосрочного прогноза соответствующих метеорологических условий, влияния атмосферных условий и близости земли на динамику вихревого следа.

Одним из основных направлений решения проблемы обеспечения безопасности полета летательного аппарата в условиях, когда определяющим фактором является вихревой аэродинамический след, является выбор режимов полета, обеспечивающих заданный уровень безопасности.

Способствовать решению этой задачи может создание бортовых вычислительных систем, работающих в реальном масштабе времени, определяющих степень опасности аэродинамических возмущений, действующих на летательный аппарат, позволяющих выбрать способ последующей коррекции управления летательным аппаратом с целью наиболее эффективной компенсации этих возмущений.

Другой задачей, которую можно отнести к информационным задачам, является задача предоставления пилоту информации о положении вихревого следа и положении летательного аппарата относительно него в прогнозируемый момент времени.

Известен способ и устройство создания визуальных отображений вихревых следов путем математического моделирования их на основе характеристик летательного аппарата, генерирующего вихревой след, с учетом влияния атмосферных условий на состояние вихревого следа. При этом, согласно техническому решению, в устройстве использован быстрореагирующий дисплей, на котором осуществляют визуализацию смоделированных вихревых следов от каждого летательного аппарата, находящегося вблизи указанного летательного аппарата (US, 5,845,874, A). Однако, при наличии в окружении летательного аппарата большого количества других летательных аппаратов, например, вблизи аэродрома, дисплей будет показывать большое количество смоделированных вихревых следов, что приведет к трудности определения, какие из вихревых следов представляют для летательного аппарата реальную опасность и какие из них можно игнорировать.

Одним из наиболее перспективных путей повышения безопасности полета является предоставление пилоту в реальном масштабе времени информации о прогнозируемом положении вихревых следов, попадание в которые может привести к летному происшествию.

Известна система предупреждения о турбулентности следа, предназначенная для размещения на борту летательных аппаратов, предусматривающая информирование экипажа летательного аппарата о потенциальном входе в вихревой след другого летательного аппарата только тогда, когда система определит, что вход указанного летательного аппарата в вихревой след другого летательного аппарата произойдет через определенный заданный промежуток времени (US, 6,177,888, A). При этом система предусматривает взаимодействие этих летательных аппаратов между собой, обмен предупреждающими сигналами и информацией о высоте полета, дистанции и пеленге, отслеживание траектории полета объема вихревого следа с учетом местной скорости ветра и имеет возможность определять расстояние или время до входа летательного аппарата в объем вихревого следа другого летательного аппарата. Система обеспечивает индикацию о близости к объему вихревого следа, когда расстояние или время до такого входа становится меньше заданного порога. При этом ширину и высоту объема вихревого следа вычисляют в каждой точке из множества точек вдоль траектории вихревого следа в виде функции расстояния от указанной точки до соседнего летательного аппарата.

Однако такая система не решает задачи информирования пилота о степени опасности попадания в выявленные вихревые следы и о рациональном маневре летательного аппарата для исключения попадания в вихревой след.

Кроме того, многообразие условий эксплуатации летательных аппаратов требует уменьшения дистанций между летательными аппаратами, например, при последовательном взлете или посадке летательных аппаратов на аэродромах, что является важным для увеличения пропускной способности аэродромов.

Достоверное знание положения и структуры вихревого следа и особенностей его воздействия на летательный аппарат в прогнозируемый момент времени будет способствовать удовлетворению противоречивых требований повышения эффективности выполнения летных задач и повышения безопасности полетов.

Известна система предупреждения столкновений с вихревым следом, устанавливаемая на каждом летательном аппарате для предупреждения пилота летательного аппарата о прогнозируемой опасности присутствия в окружающем

летательный аппарат пространстве другого летательного аппарата (US, 6211808, B1), представляющая собой сферическую antennу, выполненную из диэлектрического материала, имеющую восемь секторов с установленными в них приемными устройствами для получения микроволновых сигналов, отраженных от других летательных аппаратов, находящихся в его окрестности. Однако такая система является дорогой и не предоставляет пилоту информацию о наличии опасных воздушных возмущений.

Известно техническое решение, касающееся схемы и способа предупреждения пересечения пути самолета с вихревым следом другого самолета (WO 00/71985), заключающееся в определении положения, конфигурации и вида вихревых возмущений, вызванных другим самолетом, присутствие которого обнаруживается с помощью информации от бортовых систем первого самолета, информации от другого самолета или информации с аэродрома, определение его высоты, предсказанного положения генерируемого им вихревого следа с учетом атмосферных условий, в частности, скорости и направления ветра, температуры воздуха, выверка полученных данных со справочной таблицей или моделирование вихревого следа с визуализацией положения и его траектории относительно первого самолета, предсказание точки пересечения траектории вихревого следа и пути движения первого самолета с вырабатыванием сигнала опасности в случае такого пересечения. В основном, способ используется для обеспечения безопасности движения двух самолетов в зоне аэропорта и реализация его может приводить к увеличению высоты полета первого самолета над вторым самолетом. При этом используются системы Traffic Alert и Collision Avoidance. Однако, при этом пилоту первого самолета визуализируется информация обо всех областях завихренности, предполагаемых в районе движения первого самолета из-за присутствия второго самолета, что не дает пилоту картины истинной опасности этих завихреностей для его полета.

Известно, что Национальная администрация по аeronавтике и космонавтике США (NASA) уделяет большое внимание повышению эффективности зоны аэродрома, в частности, при взлете и посадке летательных аппаратов, и одним из направлений разработок являются работы по созданию Системы определения вихревого интервала (AVOSS), которая будет объединять выходы различных систем и вырабатывать зависящие от погодных условий динамические критерии величин интервалов вихревых следов (37th Aerospace Sciences Meeting & Exhibit, January 11-14, 1999, Reno, NV, NASA Langley Research Center, Hampton, VA) Эти системы представляют текущие и

прогнозируемые погодные условия, модели перемещения вихревого следа и его затухания в этих погодных условиях от поверхности земли до высоты посадочной или взлетной глиссады, а также осуществляют обратную связь поведения вихревых следов в реальном времени. Поведение следа сравнивают с определенными заранее размерами коридора безопасности и определением умирания следа, в результате чего находят искомые интервалы разделения для самолетов. Если следы продолжают существовать дольше, чем ожидалось, то уменьшение интервалов между взлетом самолетов или их посадкой запрещают. При этом поведение следа вычисляют на множестве «окон» захода на посадку от высоты глиссады до торца взлетно-посадочной полосы. Однако, в этой системе имеется ряд ограничений, таких, как отсутствие учета вертикального сдвига ветра, который может препятствовать опусканию следа или привести к его подъему, отсутствие учета конкретного масштаба турбулентности, необходимого для моделирования затухания следа, и другие, которые могут привести к нештатной ситуации вследствие несоответствия заранее предоставленных диспетчеру вычисленных параметров следа и фактических параметров следа. Кроме того, применение системы AVOSS приведет к увеличению нагрузки на диспетчеров полетов, которые и в настоящих условиях испытывают значительные эмоционально-стрессовые нагрузки, а также к интенсификации их труда, что является нежелательным, так как увеличивает возможность принятия диспетчерами неадекватных решений.

Следует иметь в виду, что зарубежные системы безопасности в основном ориентированы на применение так называемых инструментальных правил полета, когда управление летательным аппаратом осуществляется на основе команд диспетчера полета, реализуемых в директорном или автоматическом режиме на борту летательного аппарата.

Однако известно, что в операторской деятельности наиболее сложным является принятие решения в экстремальной ситуации. Оно состоит из двух этапов: опознания ситуации и определения порядка действий по ее ликвидации. Перед выполнением каждого следующего действия оператор должен предвидеть свои последующие шаги. Восприятие визуальных или речевых сигналов в словесной форме из долговременной памяти, со средств отображения или на слух требует определенного времени в условиях дефицита времени. Время восприятия графических символов значительно меньше, и опознание ситуации при индикации выделенных зон изображения позволяет также повысить адекватность принятия решения.

Формула изобретения

1. Способ предупреждения о возможности попадания летательного аппарата в опасную зону вихревого следа генератора вихрей, в котором:
 - получают информацию о конфигурации, местонахождении и ориентации летательного аппарата относительно инерциальной системы координат в текущий момент времени;
 - получают информацию о положении, геометрических и массовых характеристиках генератора вихрей относительно той же системы координат в текущий момент времени и о параметрах его движения;
 - сохраняют информацию о положении и параметрах движения генератора вихрей в инерциальной системе координат;
 - получают информацию о параметрах окружающей среды в области совместного размещения летательного аппарата и генератора вихрей в текущий момент времени;
 - определяют траекторию и интенсивность вихревого следа генератора вихрей, как совокупности траекторий центров областей завихренности, генерируемых указанным генератором вихрей, в инерциальной системе координат в текущий момент времени;
 - сохраняют информацию о координатах точек траектории и интенсивности вихревого следа генератора вихрей, как совокупности траекторий центров областей завихренности, в инерциальной системе координат;
 - выбирают время упреждения, в течение которого летательным аппаратом, возможно, по меньшей мере, выполнение маневра изменения траектории полета летательного аппарата, обеспечивающего уклонение летательного аппарата от вихревого следа генератора вихрей после предупреждения о возможности попадания в него;
 - вычисляют упреждающее расстояние, равное расстоянию, преодолеваемому летательным аппаратом за время упреждения, моделируют контрольную плоскость, расположенную в пространстве перед летательным аппаратом перпендикулярно направлению его движения на упреждающем расстоянии от летательного аппарата, и определяют прогнозируемый момент времени пролета летательного аппарата через указанную контрольную плоскость в инерциальной системе координат;
 - определяют геометрические характеристики опасной зоны вихревого следа генератора вихрей, как совокупности опасных зон областей завихренности, генерируемых указанным генератором вихрей, в прогнозируемый момент времени;

- определяют траекторию и интенсивность вихревого следа генератора вихрей, как совокупность траекторий центров областей завихренности, генерируемых указанным генератором вихрей, относительно инерциальной системы координат в прогнозируемый момент времени;
- определяют координаты точки пересечения траектории вихревого следа генератора вихрей с указанной контрольной плоскостью в прогнозируемый момент времени пролета летательного аппарата через нее;
- формируют вокруг указанной точки пересечения опасную зону вихревого следа, как совокупность опасных зон областей завихренности, генерируемых указанным генератором, при попадании в которую у летательного аппарата параметры движения могут превысить допустимые пределы; формируют в указанной контрольной плоскости область прогнозируемых с учетом установленных нормативов производства полета положений летательного аппарата в прогнозируемый момент времени пересечения летательным аппаратом указанной контрольной плоскости; формируют вокруг области прогнозируемых положений область повышенного внимания, информация о попадании в которую опасной зоны вихревого следа будет предоставлена пользователю;
- определяют координаты точек области прогнозируемых положений летательного аппарата, точек области повышенного внимания и точек опасной зоны вихревого следа в системе координат, связанной с летательным аппаратом;
- вычисляют расстояние от области повышенного внимания до опасной зоны вихревого следа в контрольной плоскости;
- вычисляют расстояние от области прогнозируемых положений летательного аппарата до опасной зоны вихревого следа;
- осуществляют для пользователя индикацию события равенства нулю расстояния от области повышенного внимания до опасной зоны вихревого следа указанного генератора;
- осуществляют для пользователя аварийную индикацию события равенства нулю расстояния от области повышенного внимания до опасной зоны вихревого следа указанного генератора вихрей.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что:

- в качестве информации о положении, геометрических и массовых характеристиках и параметрах движения генератора вихрей предпочтительно используют информацию о

типе генератора вихрей, скорости его перемещения, угловой скорости и координатах точек его траектории;

- сохраняют информацию о координатах точек траектории, скорости перемещения и угловой скорости генератора вихрей в инерциальной системе координат;
- в качестве информации о параметрах окружающей среды предпочтительно используют информацию о величине и направлении локальной скорости ветра, профиле ветра по высоте, степени турбулентности, типе подстилающей поверхности;
- траекторию и интенсивность вихревого следа генератора вихрей в текущий момент времени, как совокупность траекторий центров областей завихренности, генерируемых указанным генератором, определяют на основе сохраненной информации о типе генератора вихрей, координатах точек его траектории, скорости перемещения и угловой скорости;
- моделирование контрольной плоскости осуществляют на основе информации о местонахождении, ориентации и скорости перемещения летательного аппарата и выбранной величине времени упреждения в текущий момент времени в инерциальной системе координат;
- определение геометрических характеристик опасной зоны вихревого следа генератора вихрей, как совокупности опасных зон областей завихренности, генерируемых указанным генератором, осуществляют на основе сохраненной информации о координатах точек траектории и интенсивности следа генератора вихрей, как совокупности траекторий центров областей завихренности в инерциальной системе координат, информации о конфигурации, положении, скорости перемещения и угловой скорости летательного аппарата в инерциальной системе координат;
- траекторию и интенсивность вихревого следа указанного генератора вихрей в прогнозируемый момент времени определяют на основе информации о траектории и интенсивности вихревого следа указанного генератора вихрей, как совокупности траекторий центров областей завихренности, генерируемых указанным генератором, в инерциальной системе координат;
- определение координат точек пересечения траектории вихревого следа указанного генератора вихрей с контрольной плоскостью в прогнозируемый момент времени осуществляют на основе информации о координатах контрольной плоскости в инерциальной системе координат, о траектории и интенсивности вихревого следа

указанного генератора вихрей в инерциальной системе координат в прогнозируемый момент времени;

- формирование в контрольной плоскости опасной зоны вихревого следа генератора вихрей, формирование области прогнозируемых положений летательного аппарата и области повышенного внимания осуществляют на основе информации о координатах точек пересечения вихревого следа указанного генератора вихрей с контрольной плоскостью в прогнозируемый момент времени, информации о геометрических характеристиках опасной зоны вихревого следа указанного генератора, как совокупности опасных зон областей завихрения, генерируемых указанным генератором, информации о положении, ориентации, скорости перемещения и угловой скорости летательного аппарата с учетом установленных нормативов производства полета;
- определение координат области прогнозируемых положений летательного аппарата, координат области повышенного внимания и координат опасной зоны вихревого следа в системе координат, связанной с летательным аппаратом, осуществляют на основе информации о координатах области повышенного внимания, области прогнозируемых положений летательного аппарата с учетом установленных нормативов производства полета и опасной зоны вихревого следа в прогнозируемый момент времени и информации о координатах летательного аппарата и его положении, предпочтительно, углах тангажа, рыскания и крена летательного аппарата, в инерциальной системе координат в текущий момент времени.

3. Способ по любому из п.п.1-2, отличающийся тем, что операции способа осуществляют одновременно в отношении каждого из генераторов вихрей, находящихся в окрестности летательного аппарата.

4. Способ по любому из п.п.1-3, отличающийся тем, что осуществляют текущую коррекцию времени упреждения.

5. Способ по любому из п.п. 1-4, отличающийся тем, что осуществляют текущую коррекцию координат области прогнозируемых положений летательного аппарата.

6. Способ по любому из п.п. 1-5, отличающийся тем, что осуществляют текущую коррекцию координат области повышенного внимания.

7. Способ по любому из п.п.4-6, отличающийся тем, что текущую коррекцию осуществляют в режиме ручного регулирования.

8. Способ по любому из п.п. 4-6, отличающийся тем, что текущую коррекцию осуществляют в полуавтоматическом или автоматическом режиме.

9. Способ по любому из п.п. 1-8, отличающийся тем, что предоставляют пользователю информацию о координатах контрольной плоскости, области повышенного внимания, области прогнозируемых положений летательного аппарата и опасных зон вихревых следов генераторов вихрей, находящихся в окрестности летательного аппарата.

10. Способ по любому из п.п.1-9, отличающийся тем, что визуализируют для пользователя информацию о расположении в контрольной плоскости области прогнозируемых положений летательного аппарата, области повышенного внимания и опасных зон вихревого следа генераторов вихрей.

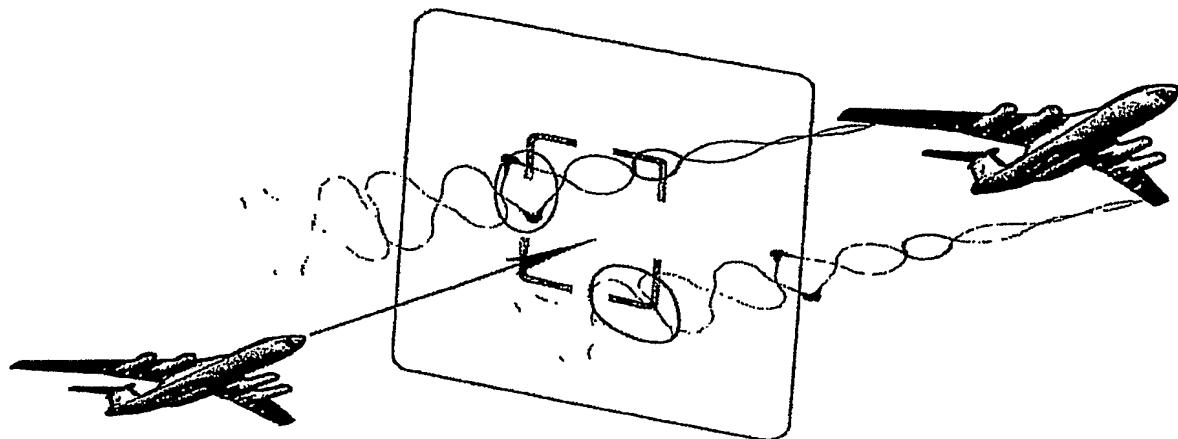
11. Способ по любому из п.п.1-10, отличающийся тем, что индикацию равенства нулю расстояния от области повышенного внимания до опасной зоны вихревого следа генератора вихрей в контрольной плоскости и/или аварийную индикацию равенства нулю расстояния от области прогнозируемых положений летательного аппарата до опасной зоны вихревого следа генератора вихрей осуществляют с помощью индикации, выбранной из группы, включающей визуальную, аудио- и тактильную индикацию.

12. Способ по любому из п.п. 1-11, отличающийся тем, что сохраняют информацию о величине выбранного времени упреждения, координатах контрольной плоскости, области прогнозируемых положений летательного аппарата и опасных зон вихревых следов генераторов вихрей в течение времени аварийной индикации события равенства нулю расстояния от области прогнозируемых положений летательного аппарата до опасной зоны вихревого следа генератора вихрей.

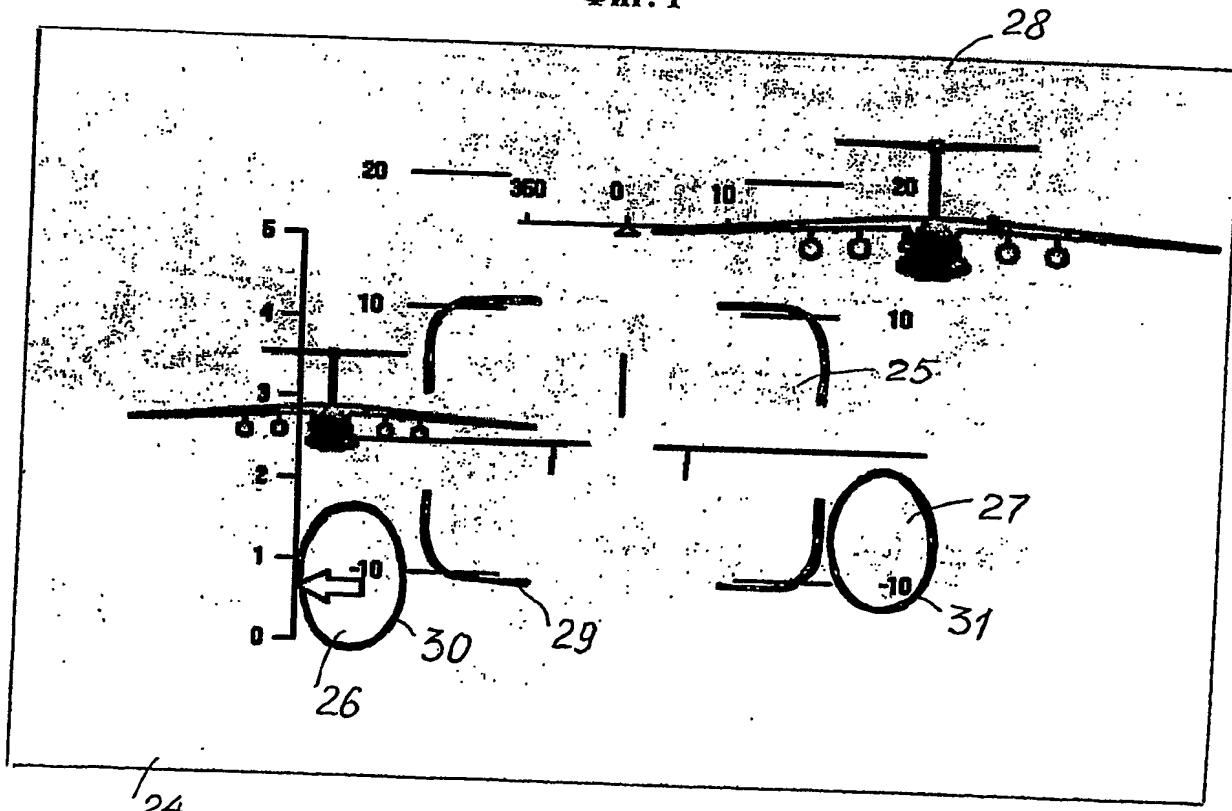
13. Система предупреждения о возможности попадания летательного аппарата в опасную зону вихревого следа генератора вихрей, включающая:

- устройство (1) слежения за параметрами летательного аппарата, способное принимать информацию о конфигурации, местонахождении и ориентации летательного аппарата относительно инерциальной системы координат в текущий момент времени;
- устройство (2) слежения за генератором вихрей, способное принимать информацию о положении, геометрических и массовых характеристиках генератора вихрей относительно той же системы координат в текущий момент времени, и о параметрах его движения;
- запоминающее устройство (3), способное сохранять информацию о положении и параметрах движения генератора вихрей в инерциальной системе координат;

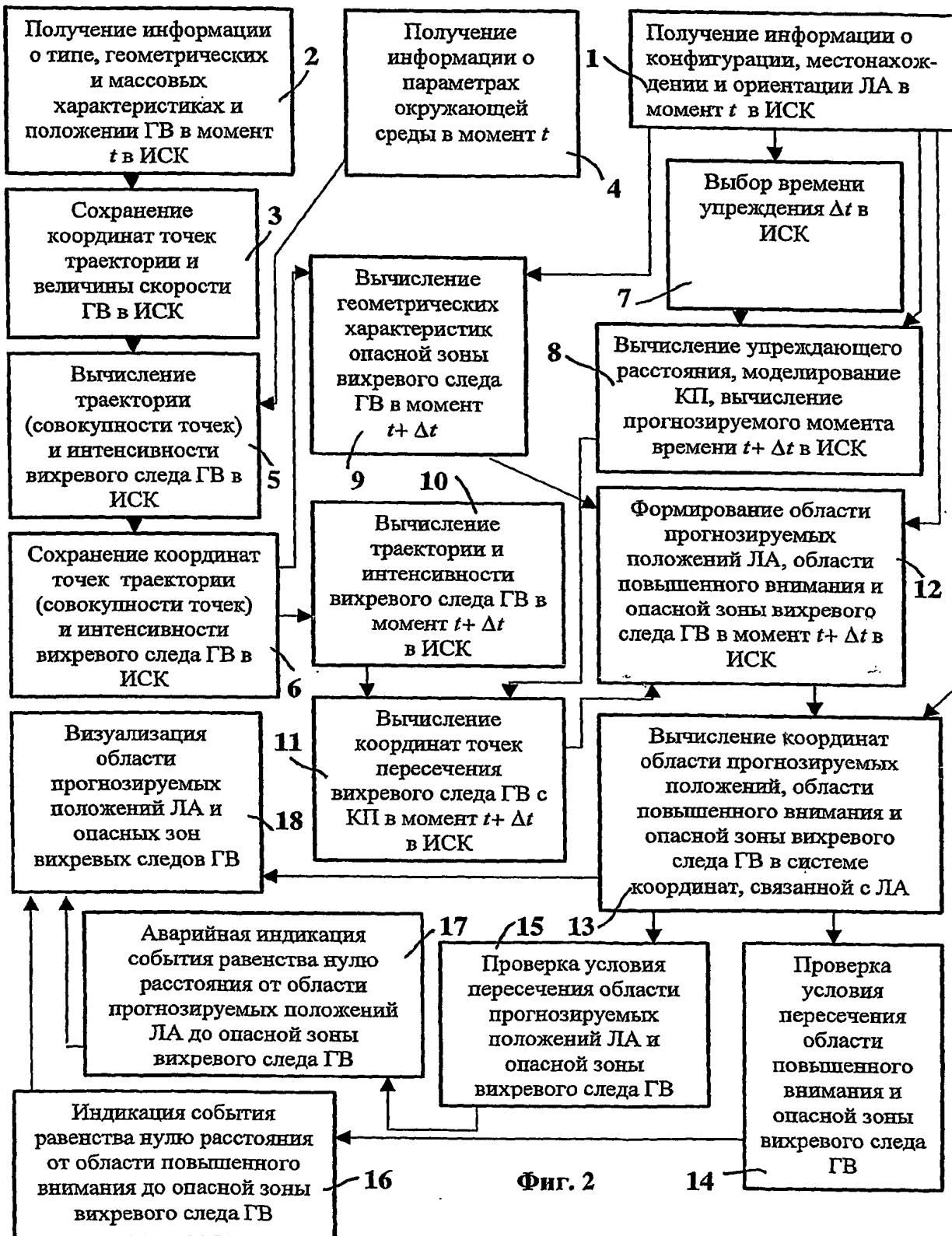
1 / 3

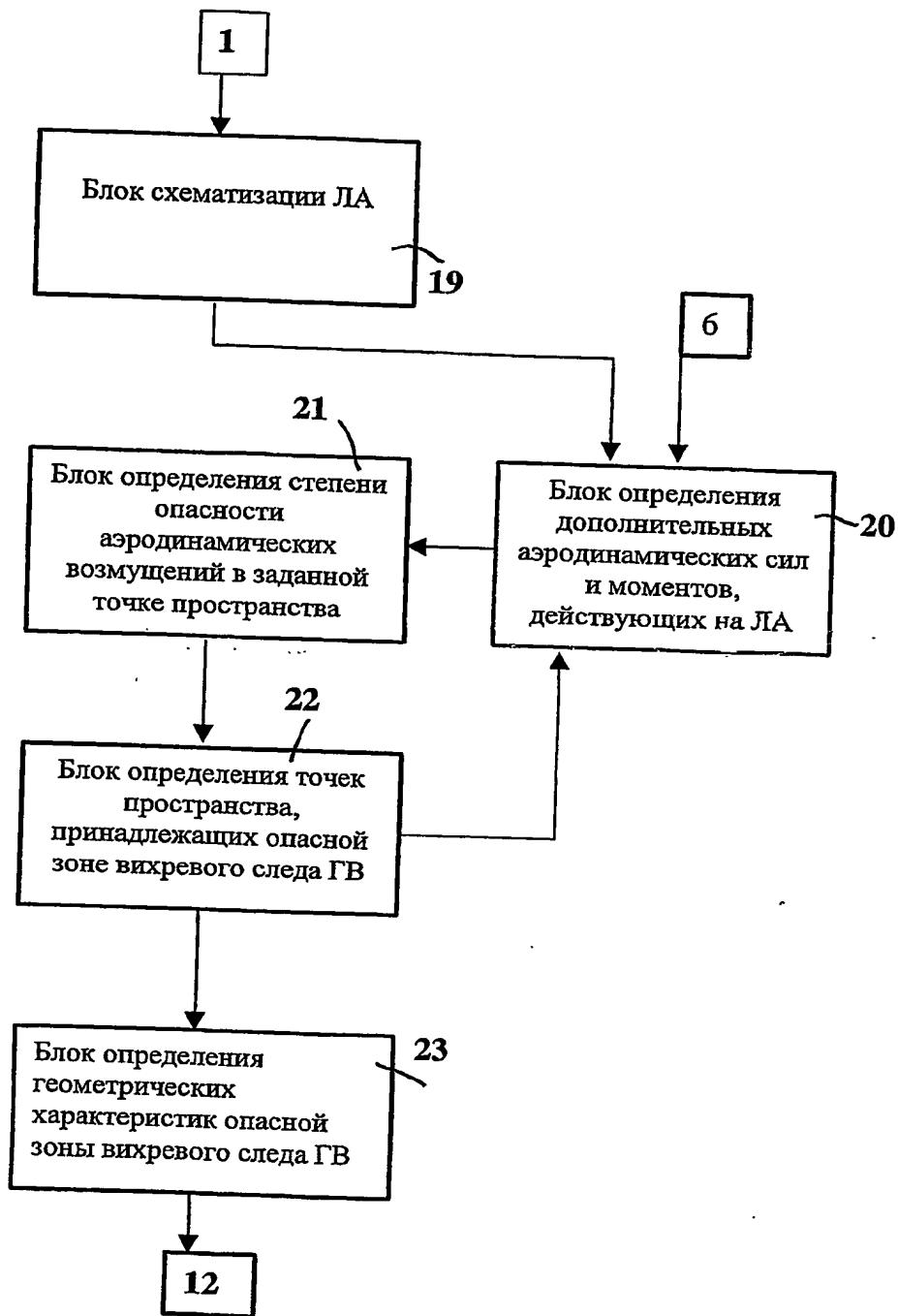


Фиг. 1



Фиг. 4





Фиг. 3